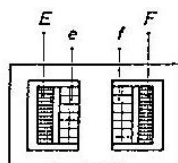


Villamos Gépek Gyakorlat 1.

1. $S_n = 100$ kVA névleges teljesítményű egyfázisú, köpeny típusú transzformátor (1. ábra) feszültsége $U_1/U_2 = 5000 / 400$ V. A menetfeszültség effektív értéke $U_M = 4,26$ V, a frekvencia $f = 50$ Hz.



1. ábra

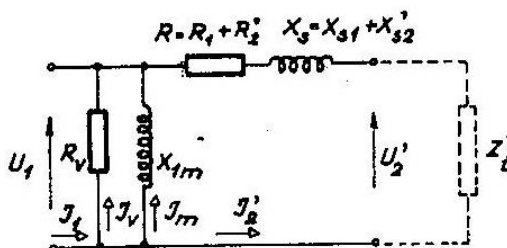
Határozzuk meg:

- mindkét oldal menetszámát (N_1 ; N_2),
- a tekercsek vezetőinek keresztmetszetét (A_1 ; A_2), ha az áramsűrűség $j = 3,2$ A/mm²,
- az oszlop tiszta vaskeresztmetszetét (A_{0v}), ha az indukció csúcserőssége $B_0 = 1,4$ T.

2. $n = N_1/N_2 = 10$ menetszám-áttételű transzformátor N_1 menetszámú primer tekercsére redukált helyettesítő kapcsolási vázlat elemei 50 Hz-es frekvencián: $R_1 = R_2' = 0,08 \Omega$, $X_{s1} = X_{s2}' = 0,4 \Omega$, $X_{lm} = 251 \Omega$.

Rajzolja fel a helyettesítő vázlatot és határozza meg az elemek értékét, ha minden mennyiséget az N_2 menetszámú, szekunder oldalra redukálunk.

3. $S_n = 110$ kVA névleges teljesítményű, $U_{1n} = 11$ kV, $U_{2n} = 440$ V névleges feszültségű transzformátoron üresjárási és rövidzárási méréseket végeztünk a helyettesítő vázlat elemeinek meghatározása céljából. A frekvencia 50 Hz, a menetszám áttétel $n = 25$. Az üresjárási mérés eredményei: $U_{10} = 11$ kV, $I_{10} = 1$ A (a nem-szinuszos áram effektív értéke), $P_{10} = 1,1$ kW, ($I_2 = 0$). A rövidzárási mérés eredményei: $U_{1z} = 500$ V, $I_{2z} = 250$ A, $P_{1z} = 1$ kW, ($U_2 = 0$).

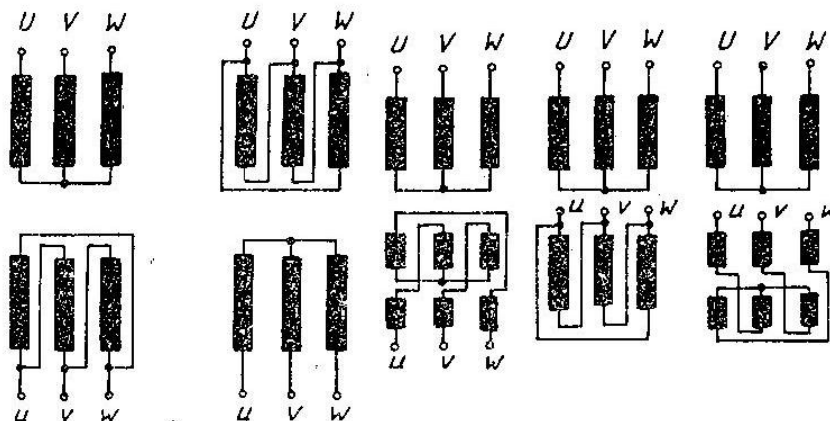


2. ábra Transzformátor egyszerűsített helyettesítő vázlat

- Határozza meg a 2. ábrán vázolt egyszerűsített helyettesítő vázlat elemeinek nagyságát. Adja meg a paraméterek viszonylagos, (százalékos) értékét is.
- Az egyszerűsített helyettesítő vázlat alapján határozza meg a transzformátor U_2 szekunder feszültségét, ha $U_1 = U_{1n}$, $I_2 = I_{2n}$, a terhelő impedancia induktív jellegű és $\cos \varphi_2 = 0,8$. Hogyan változik a szekunder feszültség nagysága és fázishelyezete, ha a terhelő impedancia nagysága változatlan, csak jellege változik?
- Határozza meg a transzformátor hatásfokát az előző üzemállapotban.

4. 4kVA, 200/400V-os, 50 Hz-es transzformátoron üresjárási és rövidzárási mérést végeztünk. Az üresjárási mérést a kisebb feszültségű oldalon végeztük és a mért értékek: 200V, 0,7A, 70W. A rövidzárási mérésnél a nagyobb feszültségű oldalt tápláltuk és az ott mért értékek: 15V, 10A, 80W. Határozza meg a 2. ábrán vázolt kapcsolás elemeinek értékét, ha minden mennyiséget a kisebb feszültségű oldalra redukálunk.

5. Határozza meg az alábbi kapcsolással ellátott háromfázisú transzformátorok óraszámát!

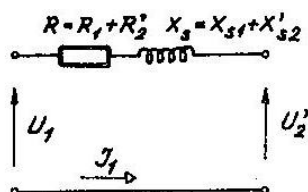


Szorgalmi + Házi Feladatok

1. Egyfázisú $n=N_1/N_2=22$ menetszám-áttételű transzformátor paraméterei:

$R_1=150\ \Omega$, $R_2=0,5\ \Omega$, $X_{s1}=220\ \Omega$, $X_{s2}=0,65\ \Omega$. A primer névleges feszültség $U_{1n}=10\ \text{kV}$, A szekunder névleges áram $I_{2n}=20\ \text{A}$.

- Határozza meg a 3. ábrán szereplő helyettesítő kapcsolás paramétereinek értékét.
- Határozza meg a rövidzárási impedancia százalékos értékét.



3. ábra

2. Az 1. példában szereplő transzformátoron üresjárási és rövidzárási mérést végeztünk. (Üresjárási mérésakor a kisfeszültségű, rövidzáráskor a nagyfeszültségű oldalt tápláltuk.)

Az eredmények:

$$\begin{array}{lll} P_0 = 900\text{W}, & U_0 = 320\text{V}, & I_0 = 16,5\text{A}, \\ P_z = 1250\text{W}, & U_z = 240\text{V}, & I_z = 13\text{A}. \end{array}$$

- Határozzuk meg a transzformátor vasvesztességét (P_v), az üresjárási tekercsvesztesség elhanyagolásával;
- A transzformátor névleges tekercsvesztességét (P_{tn});
- Az üresjárási és rövidzárási teljesítménytényezőt ($\cos\varphi_0$; $\cos\varphi_z$);
- A dropot (ε_z).

3. Az 1. példa transzformátorát a kisfeszültségű oldalon $Z_t=1,2+j1,5\ \Omega$ értékű impedanciával terheljük.

Határozzuk meg:

- a hatásfokot az adott terhelésnél,
- azt a terhelő reaktanciát (X_{tmin}) és teljesítménytényezőt ($\cos\varphi_{max}$), amely az $R_t=1,2\ \Omega$ állandó értékű ellenállással a transzformátort névleges áramával terheli,
- a hatásfokot a b) pontnak megfelelő terhelésnél,
- a transzformátor szekunder feszültségét mindkét terhelési állapotban.

Gondolkodtató feladatok:

1. Egy zárt vasmagon két tekercselést helyezünk el azonos tekercselési irányban. Az első

tekercs menetszáma 400, a másodiké 300. Mekkora a mágneses fluxus nagysága a vasmagban?

($i_1=0,5$ A, $i_2=0,75$ A, $\mu_{r,vas}=1000$ és konstans, $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ H/m, a vasmag keresztmetszete

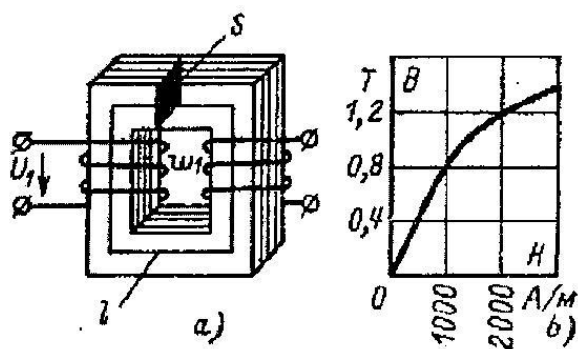
$0,0225$ m², hossza $2,6$ m)

2. Az a) ábrán látható transzformátor vasmagjában l_0 méretű légrés van.

Üresjárásban

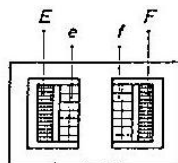
$U_1=120$ V primer feszültséget mérünk. Mekkora a gerjesztési áram?

(menetszám $\dot{w}_1=250$, $l=25$ cm, $l_0=0,01$ cm, $f=50$ Hz, keresztmetszet $S=18$ cm²)



Villamos Gépek Gyakorlat 1.

1. $S_n = 100$ kVA névleges teljesítményű egyfázisú, köpeny típusú transzformátor (1. ábra) feszültsége $U_1/U_2 = 5000 / 400$ V. A menetfeszültség effektív értéke $U_M = 4,26$ V, a frekvencia $f = 50$ Hz.



1. ábra

Határozzuk meg:

- mindkét oldal menetszámát (N_1 ; N_2),
- a tekercsek vezetőinek keresztmetszetét (A_1 ; A_2), ha az áramsűrűség $j = 3,2$ A/mm²,
- az oszlop tiszta vaskeresztmetszetét (A_{0v}), ha az indukció csúcsértéke $B_0 = 1,4$ T.

Megoldás:

- $N_1 = 1173$; $N_2 = 94$
- $A_1 = 6,25$ mm²; $A_2 = 78,12$ mm²
- $A_{0v} = 137$ cm²

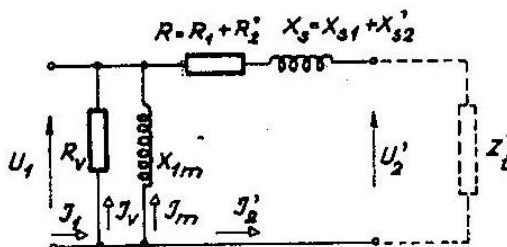
2. $n = N_1/N_2 = 10$ menetszám-áttételű transzformátor N_1 menetszámú primer tekercsére redukált helyettesítő kapcsolási vázlat elemei 50 Hz-es frekvencián: $R_1 = R_2' = 0,08$ Ω $X_{s1} = X_{s2}' = 0,4$ Ω , $X_{1m} = 251$ Ω .

Rajzolja fel a helyettesítő vázlatot és határozza meg az elemek értékét, ha minden mennyiséget az N_2 menetszámú, szekunder oldalra redukálunk.

Megoldás:

$R_1' = 0,8$ m Ω ; $X_{s1}' = 4$ m Ω ; $X_{2m} = 2,51$ Ω ; $R_2 = 0,8$ m Ω ; $X_{s2} = 4$ m Ω

3. $S_n = 110$ kVA névleges teljesítményű, $U_{1n} = 11$ kV, $U_{2n} = 440$ V névleges feszültségű transzformátoron üresjárási és rövidzárási méréseket végeztünk a helyettesítő vázlat elemeinek meghatározása céljából. A frekvencia 50 Hz, a menetszám áttétel $n = 25$. Az üresjárási mérés eredményei: $U_{10} = 11$ kV, $I_{10} = 1$ A (a nem-sinuszos áram effektív értéke), $P_{10} = 1,1$ kW, ($I_2 = 0$). A rövidzárási mérés eredményei: $U_{1z} = 500$ V, $I_{2z} = 250$ A, $P_{1z} = 1$ kW, ($U_2 = 0$).



2. ábra Transzformátor egyszerűsített helyettesítő vázlata

- Határozza meg a 2. ábrán vázolt egyszerűsített helyettesítő vázlat elemeinek nagyságát. Adja meg a paraméterek viszonylagos, (százalékos) értékét is.

- b) Az egyszerűsített helyettesítő vázlat alapján határozza meg a transzformátor U_2 szekunder feszültségét, ha $U_1=U_{1n}$, $I_2=I_{2n}$, a terhelő impedancia induktív jellegű és $\cos\varphi_2=0,8$. Hogyan változik a szekunder feszültség nagysága és fázishelyzete, ha a terhelő impedancia nagysága változatlan, csak jellege változik?
- c) Határozza meg a transzformátor hatásfokát az előző üzemállapotban.

Megoldás:

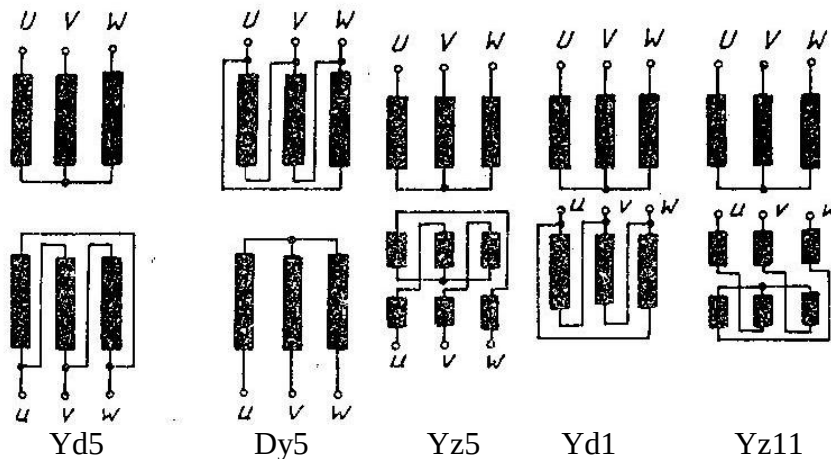
- a) $R_v=110 \text{ k}\Omega$, 10 000 %; $X_{1m}=11 \text{ k}\Omega$, 1 000 %; $R=10 \text{ }\Omega$, 0,91%; $X_s=49 \text{ }\Omega$, 4,45%
- b) $U_2= 424 \text{ V}$
- c) $\eta= 97,6 \text{ %}$

4. 4kVA, 200/400V-os, 50 Hz-es transzformátoron üresjárási és rövidzárási mérést végeztünk. Az üresjárási mérést a kisebb feszültségű oldalon végeztük és a mért értékek: 200V, 0,7A, 70W. A rövidzárási mérésnél a nagyobb feszültségű oldalt tápláltuk és az ott mért értékek: 15V, 10A, 80W. Határozza meg a 2. ábrán vázolt kapcsolás elemeinek értékét, ha minden mennyiséget a kisebb feszültségű oldalra redukálunk.

Megoldás:

$R_v=571,4 \text{ }\Omega$; $X_{1m}=333 \text{ }\Omega$; $R=0,2 \text{ }\Omega$; $X_s=0,325 \text{ }\Omega$

5. Határozza meg az alábbi kapcsolással ellátott háromfázisú transzformátorok óraszámát!

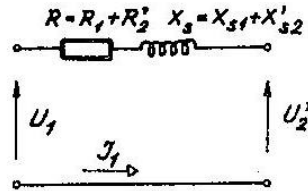


Szorgalmi + Házi Feladatok

1. Egyfázisú $n=N_1/N_2=22$ menetszám-áttételű transzformátor paramétereit:

$R_1=150\ \Omega$, $R_2=0,5\ \Omega$, $X_{s1}=220\ \Omega$, $X_{s2}=0,65\ \Omega$. A primer névleges feszültség $U_{1n}=10\ \text{kV}$, A szekunder névleges áram $I_{2n}=20\ \text{A}$.

- Határozza meg a 3. ábrán szereplő helyettesítő kapcsolás paramétereinek értékét.
- Határozza meg a rövidzárási impedancia százalékos értékét.



3. ábra

2. Az 1. példában szereplő transzformátoron üresjárási és rövidzárási mérést végeztünk. (Üresjárási méréskor a kismfeszültségű, rövidzáráskor a nagyfeszültségű oldalt tápláltuk.)

Az eredmények:

$P_0 = 900\text{W}$, $U_0 = 320\text{V}$, $I_0 = 16,5\text{A}$,
 $P_z = 1250\text{W}$, $U_z = 240\text{V}$, $I_z = 13\text{A}$.

- Határozzuk meg a transzformátor vasvesztését (P_v), az üresjárási tekercsvesztés elhanyagolásával;
- A transzformátor névleges tekercsvesztését (P_{tn});
- Az üresjárási és rövidzárási teljesítménytényezőket ($\cos\varphi_0$; $\cos\varphi_z$);
- A dropot (ε_z).

3. Az 1. példa transzformátorát a kismfeszültségű oldalon $Z_t = 1,2 + j1,5\ \Omega$ értékű impedanciával terheljük.

Határozzuk meg:

- a hatásfokot az adott terhelésnél,
- azt a terhelő reaktanciát (X_{tmin}) és teljesítménytényezőt ($\cos\varphi_{max}$), amely az $R_t = 1,2\ \Omega$ állandó értékű ellenállással a transzformátort névleges áramával terheli,
- a hatásfokot a b) pontnak megfelelő terhelésnél,
- a transzformátor szekunder feszültségét mindkét terhelési állapotban.

Gondolkodtató feladatok:

1. Egy zárt vasmagon két tekercselést helyezünk el azonos tekercselési irányban. Az első

tekercs menetszáma 400, a másodiké 300. Mekkora a mágneses fluxus nagysága a vasmagban?

($i_1=0,5$ A, $i_2=0,75$ A, $\mu_{r,vas}=1000$ és konstans, $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ H/m, a vasmag keresztmetszete

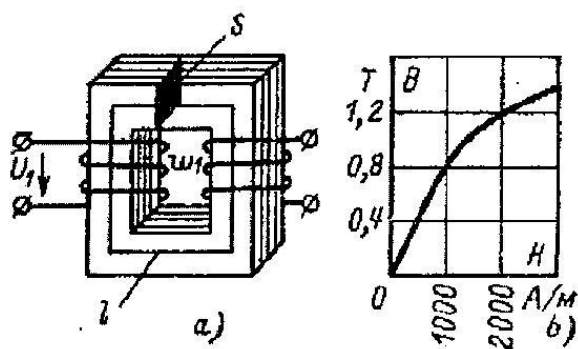
$0,0225$ m², hossza $2,6$ m)

2. Az a) ábrán látható transzformátor vasmagjában l_0 méretű légrés van.

Üresjárásban

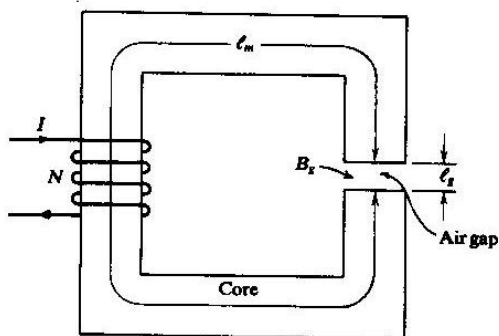
$U_1=120$ V primer feszültséget mérünk. Mekkora a gerjesztési áram?

(menetszám $\dot{w}_1=250$, $l=25$ cm, $l_0=0,01$ cm, $f=50$ Hz, keresztmetszet $S=18$ cm²)



1.

Az 1. ábrán látható légréses mágnes kör adatai a következők: $N=10$, $l_g=0,1$ mm, $l_m=100$ mm, kihajlási tényező $k_k=0,9$, a vasmag anyaga M-19. Számolja ki a szükséges áramot, hogy a légrésben 1 T indukciójú mágneses tér legyen.



1. ábra

Characteristics of Magnetic Materials and Permanent Magnets

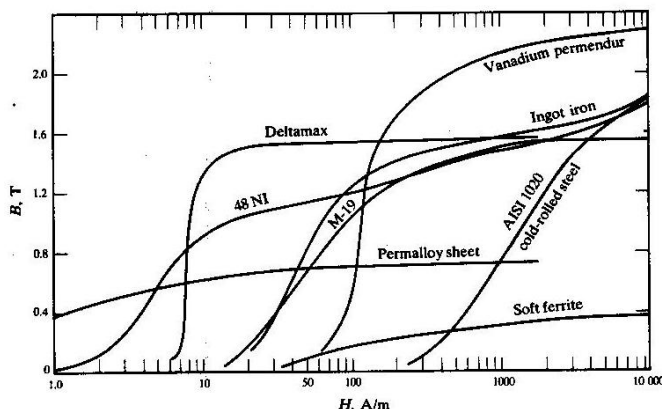


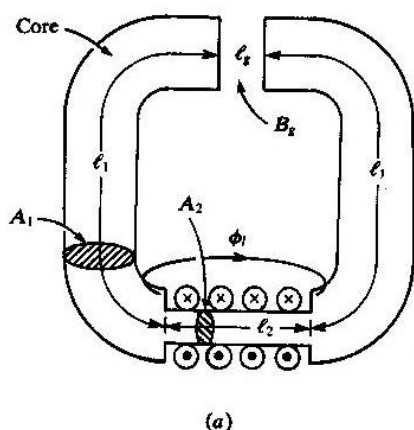
Fig. C-1. B - H curves of selected soft magnetic materials.

2.

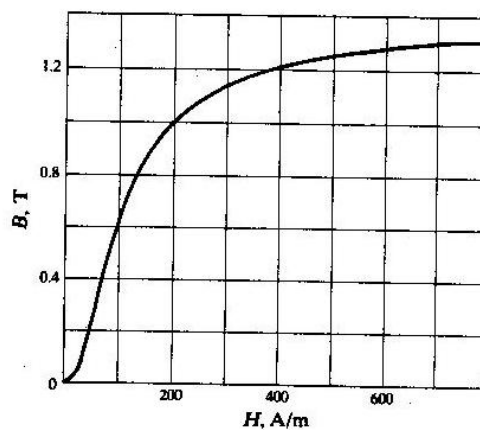
Egy változó keresztmetszetű mágnes kör rajzát mutatja az alábbi a) ábra, a vaskör B - H görbét a b) ábra. A következő adatok adottak:

$N=100$, $l_1=4l_2=40$ cm, $A_1=2A_2=10$ cm², $l_g=2$ mm, szórási fluxus $\Phi_s=0,01$ mWb.

- 0,6 T-s légrés indukció létrehozásához számolja ki a szükséges áram nagyságát!
- Számolja ki a tekercs ön- és szórási induktivitását!
- Határozza meg a vasban és a mágnes kör légrésében tárolt mágneses energiát!



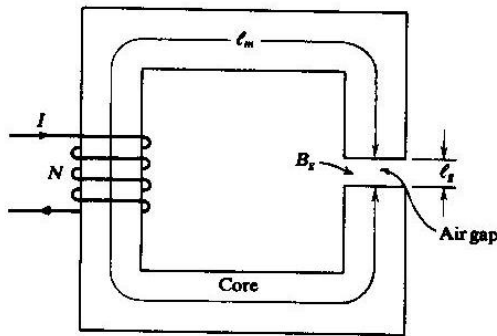
(a)



(b)

1.

Az 1. ábrán látható légréses mágnes kör adatai a következők: $N=10$, $l_g=0,1$ mm, $l_m=100$ mm, kihajlási tényező $k_k=0,9$, a vasmag anyaga M-19. Számolja ki a szükséges áramot, hogy a légrésben 1 T indukciójú mágneses tér legyen.



1. ábra

Characteristics of Magnetic Materials and Permanent Magnets

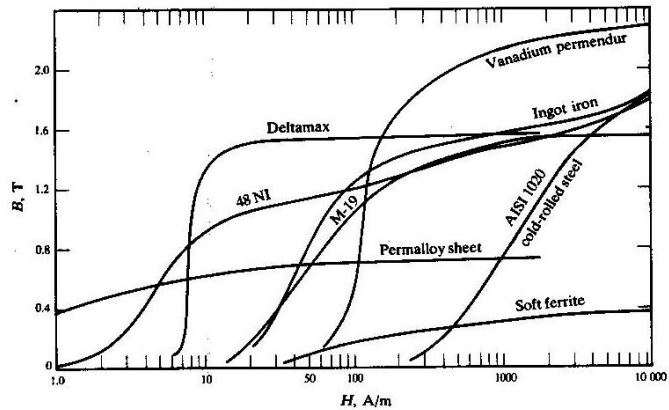


Fig. C-1. B-H curves of selected soft magnetic materials.

Megoldás:

A légrés szakaszra a térerősség értéke:

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 7,95 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

A légrésre jutó gerjesztés:

$$\Theta_g = H_g \cdot l_g = 7,95 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 79,5 \text{ At}$$

A vasmagra:

$$B_{vas} = \frac{B_g}{k_k} = \frac{1}{0,9} = 1,11 \text{ T}$$

A B-H görbéről az 1,11 T-hoz tartozó térerősség érték

$$H_{vas} = 130 \text{ A/m}$$

Így

$$\Theta_{vas} = H_{vas} \cdot l_{vas} = 130 \cdot 0,1 = 13 \text{ At}$$

Az összes igényelt gerjesztés:

$$\Theta_{össz} = \Theta_g + \Theta_{vas} = 79,5 + 13 = 92,5 \text{ At}$$

A gerjesztő áram:

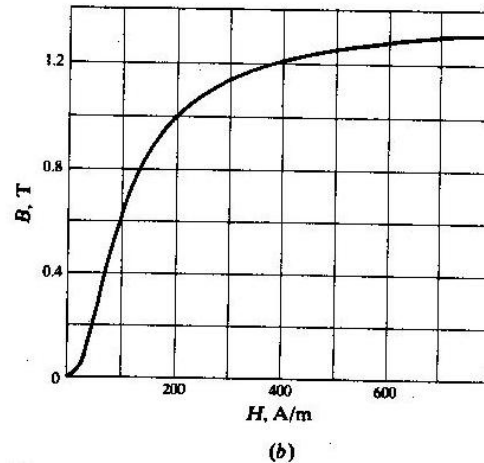
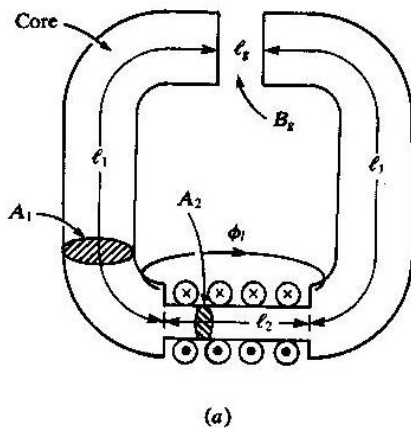
$$I_{gerj} = \frac{\Theta_{össz}}{N} = \frac{92,5}{10} = \underline{\underline{9,25 \text{ A}}}$$

2.

Egy változó keresztmetszetű mágnes kör rajzát mutatja az alábbi a) ábra, a vaskör B-H görbáját a b) ábra. A következő adatok adottak:

$N=100$, $l_1=4l_2=40$ cm, $A_1=2A_2=10$ cm², $l_g=2$ mm, szórási fluxus $\Phi_s=0,01$ mWb.

- 0,6 T-s légrés indukció létrehozásához számolja ki a szükséges áram nagyságát!
- Számolja ki a tekercs ön- és szórási induktivitását!
- Határozza meg a vasban és a mágnes kör légrésében tárolt mágneses energiát!



Megoldás:

a)

A légrés szakaszra a térerősség értéke:

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{0,6}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 4,78 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

A légrésre jutó gerjesztés:

$$\Theta_g = H_g \cdot l_g = 4,78 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 956 \text{ At}$$

A példában $B_{vas} = B_g = 0,6 \text{ T}$, a megadott B-H görbéből a térerősség értéke:

$$H_{vas1} = 100 \text{ A/m}$$

Az erre a vasszakaszra jutó gerjesztés értéke:

$$\Theta_{vas1} = H_{vas1} \cdot l_{vas1} = 100 \cdot (0,4 + 0,4) = 80 \text{ At}$$

A levegő fluxus értéke:

$$\phi_g = B_g A_g = 0,6 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 0,6 \text{ mWb}$$

A tekercs által létrehozandó összes fluxus nagysága:

$$\phi_t = \phi_g + \phi_s = 0,6 + 0,01 = 0,61 \text{ mWb}$$

Így az l_2 szakaszra eső indukció érték:

$$B_{vas2} = \frac{\phi_t}{A_2} = \frac{0,61 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} = 1,22 \text{ T}$$

Ehhez az indukció értékhez a B-H görbéből adódó térerősség érték:

$$H_{vas2} = 410 \text{ A/m}$$

Így a gerjesztés erre a szakaszra:

$$\Theta_{\text{vas2}} = H_{\text{vas2}} \cdot l_2 = 410 \cdot 0,1 = 41 \text{ At}$$

A szükséges összes gerjesztés:

$$\Theta_{\text{össz}} = \Theta_g + \Theta_{\text{vas1}} + \Theta_{\text{vas2}} = 956 + 80 + 41 = 1077 \text{ At}$$

A szükséges gerjesztő áram:

$$I_{\text{gerj}} = \frac{\Theta_{\text{össz}}}{N} = \frac{1077}{100} = \underline{\underline{10,77 \text{ A}}}$$

b)

A tekercs öninduktivitása:

$$L_{\text{ön}} = \frac{\Psi}{I} = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N\Phi_t}{I} = \frac{100 \cdot 0,61 \cdot 10^{-3}}{10,77} = \underline{\underline{5,66 \text{ mH}}}$$

A tekercs szórási induktivitása:

$$L_s = \frac{N\Phi_s}{I} = \frac{100 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}}{10,77} = \underline{\underline{0,093 \text{ mH}}}$$

c)

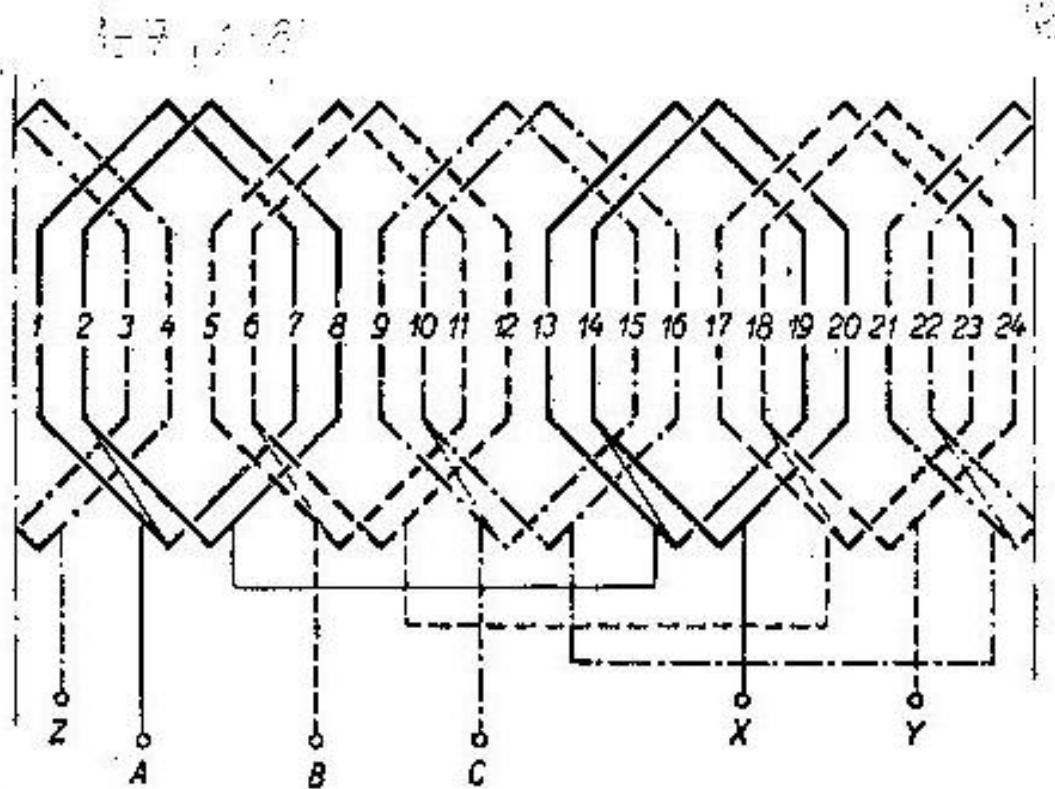
A levegőben tárolt energia:

$$W_{\text{levego}} = \frac{1}{2\mu_0} B_g^2 \cdot V_{\text{res}} = \frac{0,6^2}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} (10 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = \underline{\underline{0,286 \text{ J}}}$$

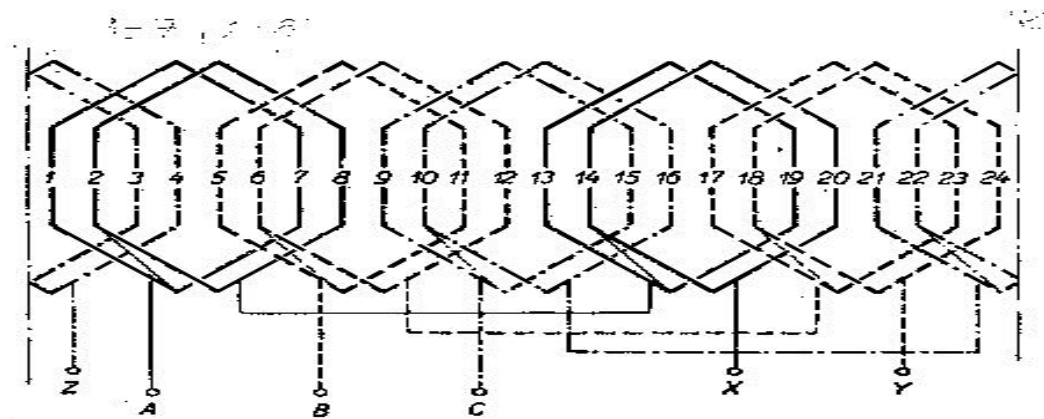
A vasban tárolt energia:

$$W_{\text{vas}} = \frac{1}{2} LI^2 - W_{\text{levego}} = \frac{1}{2} N\Phi_t I - W_{\text{levego}} = 0,328 - 0,286 = \underline{\underline{0,042 \text{ J}}}$$

3. Határozza meg az alábbi tekercselési vázlat gerjesztési görbáját!

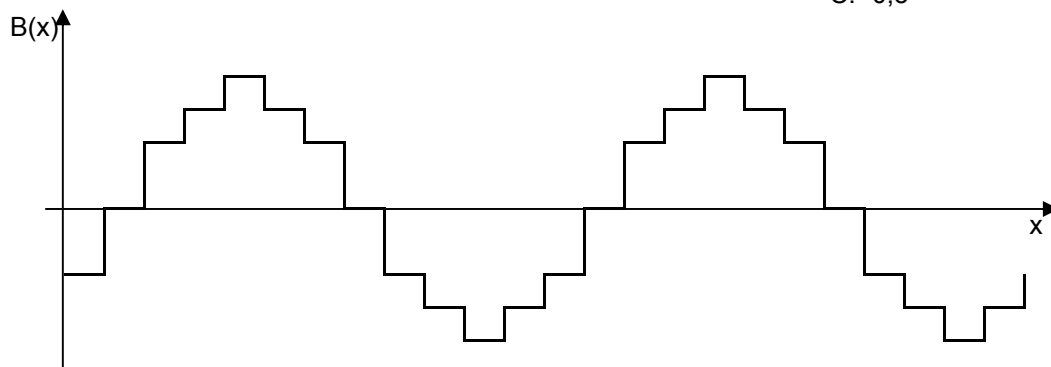


Gerjestési görbe szerkesztése

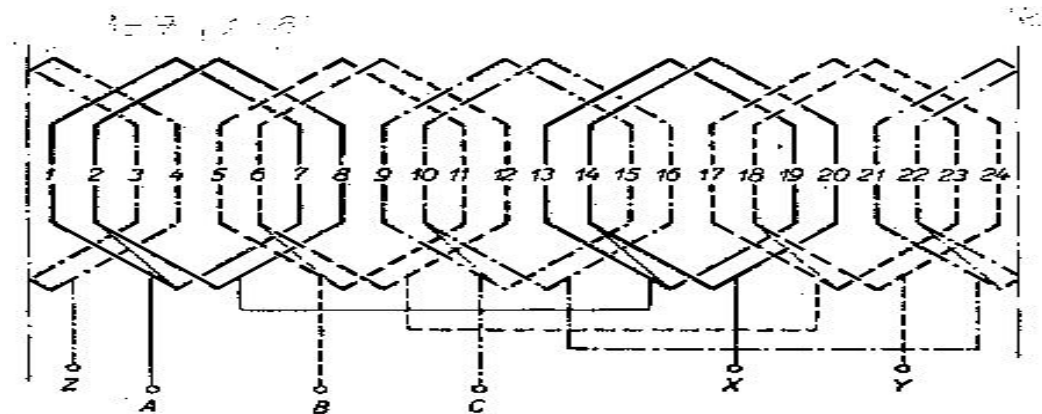


A+ C- B+ A- C+ B-

A: 1
B: -0,5
C: -0,5

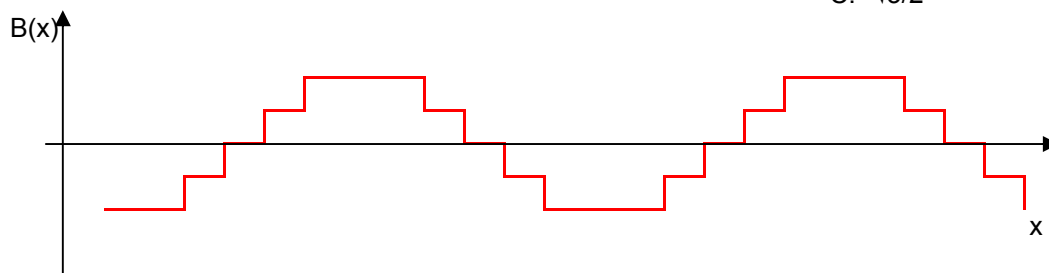


Gerjestési görbe szerkesztése 2



A+ C- B+ A- C+ B-

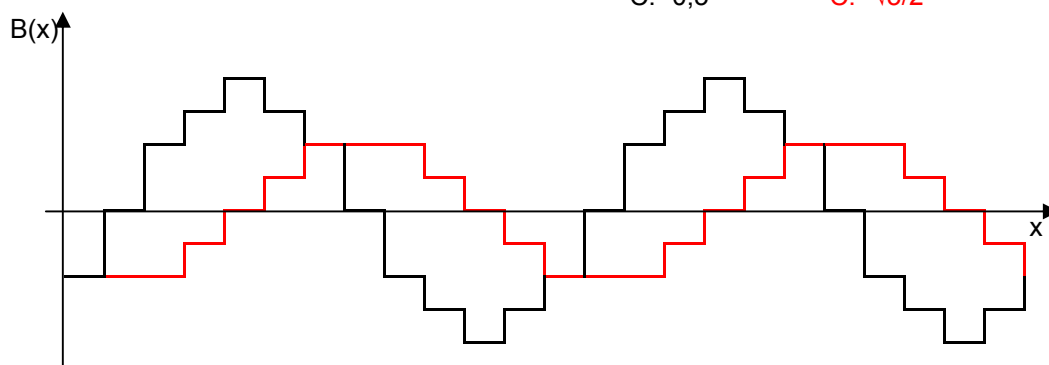
A: 0
B: $\sqrt{3}/2$
C: $-\sqrt{3}/2$



A+ C- B+ A- C+ B-

A: 1
B: -0,5
C: -0,5

A: 0
B: $\sqrt{3}/2$
C: $-\sqrt{3}/2$



1. Határozza meg a tekercselési tényezőjét alap-, 5. és 7. harmonikusra egy $Z=24$, $2p=4$
 - a) háromfázisú átmérős, egyréteges tekercselésnek.
 - b) háromfázisú lépésrövidítéses $s/\tau_p = 5 / 6$ tekercselésnek.
 - c) Mi történik, ha megfelelő horonyferdítést alkalmazunk?
2. Számítsa ki a lépésrövidítést, ha csökkenteni kívánjuk a 11. és 13. harmonikust! Mekkora ekkor a hűrtényező a 11. és a 13. harmonikusra?

Gondolkodtató feladat

1. Bizonyítsa be, hogy q fázisonkénti és pólusonkénti horonyszámnál a $2m \pm 1$ rendszámú harmonikus és az alapharmonikus elosztási tényezője megegyezik egymással.
2. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:
 - a. $Z=36$
 - b. $p=2$
 - c. $q=3$
 - d. koncentrikus
 - e. átmérős
3. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:
 - f. $Z=24$
 - g. $2p=2$
 - h. $q=4$
 - i. kétréteges
 - j. $s/\tau_p = 5 / 6$

1. Határozza meg a tekercselési tényezőjét alap-, 5. és 7. harmonikusra egy $Z=24$, $2p=4$

- háromfázisú átmérős, egyréteges tekercselésnek.
- háromfázisú lépésrövidítéses $s/\tau_p = 5/6$ tekercselésnek.
- Mi történik, ha megfelelő horonyferdítést alkalmazunk?

Megoldás:

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$$

$$\alpha_v = p \cdot \alpha_g = p \cdot \frac{360^\circ}{Z} = 2 \cdot \frac{360}{24} = 30^\circ$$

a) Elosztási tényezők:

$$\xi_{e,1} = \frac{\sin q \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin(2 \cdot 15^\circ)}{2 \cdot \sin 15^\circ} = \frac{0,5}{0,51} = 0,966$$

$$\xi_{e,5} = \frac{\sin nq \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin n \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin(5 \cdot 2 \cdot 15^\circ)}{2 \cdot \sin(5 \cdot 15^\circ)} = \frac{0,5}{0,931} = 0,2588$$

$$\xi_{e,7} = \frac{\sin nq \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin n \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin(7 \cdot 2 \cdot 15^\circ)}{2 \cdot \sin(7 \cdot 15^\circ)} = \frac{-0,5}{0,931} = -0,2588$$

b) Húrtényezők:

$$\xi_{h,1} = \sin \frac{\pi}{2} \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = 1 \cdot \sin(\frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2}) = 0,966$$

$$\xi_{h,5} = \sin(n \frac{\pi}{2}) \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = \sin(5 \cdot \frac{\pi}{2}) \cdot \sin(5 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2}) = 0,2588$$

$$\xi_{h,7} = \sin(n \frac{\pi}{2}) \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = \sin(7 \cdot \frac{\pi}{2}) \cdot \sin(7 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2}) = -0,2588$$

c) A megfelelő szög 15°

$$\xi_{f,1} = \frac{\sin n \frac{\alpha_v}{2}}{n \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin 15^\circ}{15^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} = 0,9886$$

$$\xi_{f,5} = \frac{\sin n \frac{\alpha_v}{2}}{n \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin(5 \cdot 15^\circ)}{5 \cdot 15^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} = 0,7379$$

$$\xi_{f,7} = \frac{\sin n \frac{\alpha_v}{2}}{n \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin(7 \cdot 15^\circ)}{7 \cdot 15^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} = 0,527$$

Az eredő tekercselési tényező:

$$\xi_1 = \xi_{e,1} \cdot \xi_{h,1} \cdot \xi_{f,1} = 0,966 \cdot 0,966 \cdot 0,9886 = \underline{\underline{0,9224}}$$

$$\xi_5 = \xi_{e,5} \cdot \xi_{h,5} \cdot \xi_{f,5} = 0,2588 \cdot 0,2588 \cdot 0,7379 = \underline{\underline{0,0494}}$$

$$\xi_7 = \xi_{e,7} \cdot \xi_{h,7} \cdot \xi_{f,7} = -0,2588 \cdot -0,2588 \cdot 0,527 = \underline{\underline{0,035}}$$

2. Számítsa ki a lépésrövidítést, ha csökkenteni kívánjuk a 11. és 13. harmonikust! Mekkora ekkor a hűrtényező a 11. és a 13. harmonikusra?

$$s/\tau_p = 11 / 12$$

Hűrtényezők:

$$\xi_{h,1} = \sin \frac{\pi}{2} \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = 1 \cdot \sin(\frac{11}{12} \cdot \frac{\pi}{2}) = 0,9914$$

$$\xi_{h,11} = \sin(n \cdot \frac{\pi}{2}) \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = \sin(11 \cdot \frac{\pi}{2}) \cdot \sin(11 \cdot \frac{11}{12} \cdot \frac{\pi}{2}) = 0,1305$$

$$\xi_{h,13} = \sin(n \cdot \frac{\pi}{2}) \sin(n \cdot \frac{s}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}) = \sin(13 \cdot \frac{\pi}{2}) \cdot \sin(13 \cdot \frac{11}{12} \cdot \frac{\pi}{2}) = -0,1305$$

Gondolkodtató feladat

1. Bizonyítsa be, hogy q fázisonkénti és pólusonkénti horonyszámnál a $2m \pm 1$ rendszámú harmonikus és az alapharmonikus elosztási tényezője megegyezik egymással.

2. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:

- $Z=24$
- $2p=2$
- $q=4$
- kétréteges
- $s/\tau_p = 5 / 6$

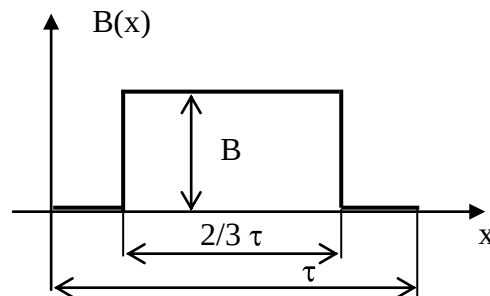
Villamos Gépek Gyakorlat 5.

1.

Háromfázisú, 16 pólusú, csillagkapcsolású szinkron generátor horonyszáma 144, minden horonyban 10 sorbakötött vezető található, a tekercselés átmérős. A póluskerék szinuszos kerületmenti eloszlású indukciót hoz létre, a pólusfluxus nagysága 0,03 Vs. Határozza meg az indukálódó fázis- és vonali feszültség nagyságát, ha a póluskereket 375/perc fordulatszámmal forgatjuk.

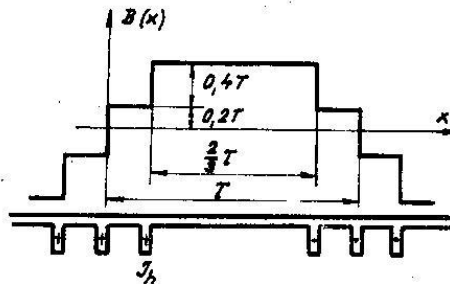
2.

Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekercselésében indukálódó feszültség alapharmonikusának effektív értékét. A 60° sáv szélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás $\tau=50$ cm, az állórész ideális hossza $l_i=75$ cm. Az indukció maximuma 0,7 T.



Gondolkodtató feladat

1. Háromfázisú, üresen járó, 50 Hz-es hengeres pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlását mutatja az alábbi ábra. A pólusfelület 500 cm^2 , a 60° sáv szélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 200. Határozza meg az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értékét.



2. Számítsa ki a lépésrövidítést, ha csökkenteni kívánjuk a 11. és 13. harmónikus! Mekkora ekkor a hűrtényező a 11. és a 13. harmónikusra?

3. Rajzoljon fel egy háromfázisú tekercselés egy fázisát a következő paraméterekkel:

- $Z=36$
- $p=2$
- $q=3$
- koncentrikus
- átmérős

1.

Háromfázisú, 16 pólusú, csillagkapcsolású szinkron generátor horonyszáma 144, minden horonyban 10 sorbakötött vezető található, a tekercselés átmérős. A póluskerék szinuszos kerületmenti eloszlású indukciót hoz létre, a pólusfluxus nagysága 0,03 Vs. Határozza meg az indukálódó fázis- és vonali feszültség nagyságát, ha a póluskereket 375/perc fordulatszámmal forgatjuk.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} ; \quad f = \frac{n \cdot p}{60} = \frac{375 \cdot 8}{60} = 50 \text{ Hz}$$

$$U_i = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{\max} \cdot \xi$$

Egy fázishoz tartozó menetszám:

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{144}{16 \cdot 3} = 3$$

$$N = p \cdot q \cdot z_h = 8 \cdot 3 \cdot 10 = 240$$

$$\alpha_v = p \cdot \alpha_g = 8 \cdot \frac{360^\circ}{144} = 20^\circ$$

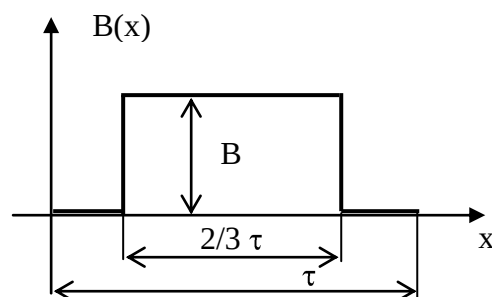
$$\xi_{e,1} = \frac{\sin n \cdot q \cdot \frac{\alpha_v}{2}}{q \cdot \sin n \cdot \frac{\alpha_v}{2}} = \frac{\sin 1 \cdot 3 \cdot 10^\circ}{3 \cdot \sin 1 \cdot 10^\circ} = 0,956$$

$$U_{if} = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{\max} \cdot \xi = 4,44 \cdot 50 \cdot 240 \cdot 0,03 \cdot 0,956 = 1534 \text{ V}$$

$$U_{iv} = \sqrt{3} \cdot U_{if} = \sqrt{3} \cdot 1534 = 2657 \text{ V}$$

2.

Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekercselésében indukálódó feszültség alapharmonikusának effektív értékét. A 60° sáv szélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás $\tau = 50 \text{ cm}$, az állórész ideális hossza $l_1 = 75 \text{ cm}$. Az indukció maximuma 0,7 T.



Megoldás:

Az indukció hullám alapharmonikusának amplitúdója:

$$B_{1m} = \frac{4}{\pi} \cos 30^\circ \cdot B = \frac{4}{\pi} \cdot 0,866 \cdot 0,7 = 0,773 T$$

Alapharmonikus pólusfluxus:

$$\Phi_1 = \frac{2}{\pi} \cdot B_{1m} \cdot \tau \cdot l_i = \frac{2}{\pi} \cdot 0,773 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,184 Vs$$

Az effektív menetszám:

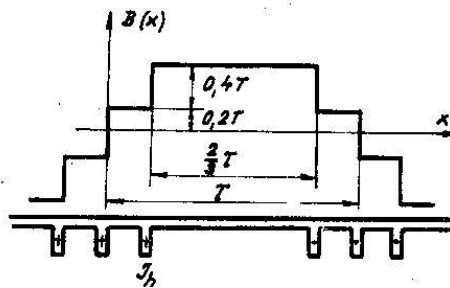
$$N_{\xi_1} = 120 \cdot \frac{3}{\pi} = 115$$

Az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értéke:

$$U_{i1} = 4,44 \cdot f \cdot N_{eff} \cdot \Phi_1 = 4,44 \cdot 50 \cdot 115 \cdot 0,184 = \underline{\underline{4670 V}}$$

Gondolkodtató feladatok

1. Háromfázisú, üresen járó, 50 Hz-es hengeres pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlását mutatja az alábbi ábra. A pólusfelület 500 cm^2 , a 60° sáv szélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 200. Határozza meg az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értékét.



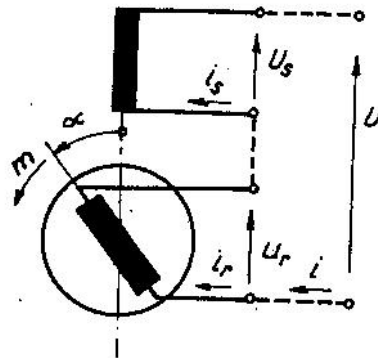
Megoldás:

$$U_{i1} = 938 \text{ V}$$

1. Kétekerceses, kiálló pólusú átalakító adatai: $l_s=1,5$ H, $l_r= L_{r0}+L_{r2}\cos 2\alpha = 0,03+0,005 \cos 2\alpha$ [H], $l_{rs}=0,2 \cos \alpha$ [H]. Mindkét tekercset egyenárammal tápláljuk: $i_s=7$ A, $i_r=40$ A

- Határozza meg a rotorra ható nyomatékot, mint az α szög függvényét. Ábrázolja az eredményt.
- Mutassa meg, hogy hányad rész a reluktancia nyomaték maximális nyomaték esetén.

2. Kétekerceses átalakító paramétereit: $l_s= 87$ mH, $l_r= 33$ mH, $l_{rs}=L_{rs}=L_{rs} \cos \alpha= 50 \cos \alpha$ [mH]. Az ellenállásokat hanyagoljuk el. Határozza meg a nyugalomban levő forgórészre ható nyomaték nagyságát $\alpha=90^\circ$ -nál, ha a két tekercset az alábbi ábrán vázolt módon sorbakapcsoljuk és $U=230$ V, $f=50$ Hz-es hálózatról tápláljuk.



Gondolkodtató feladat

1. Kétekerceses átalakító paramétereit: $l_s= 2,2$ H, $l_r= 1$ H, $l_{rs}=L_{rs}=\sqrt{2} \cos \alpha$ [H], $R_s=R_r=0$. A forgórészen levő tekercs rövidre van zárva és az állórész tekercset $i_s=\sqrt{2} \cdot 10 \cdot \sin \omega t$ [A] árammal tápláljuk.

- A forgórészt álló helyzetben tartjuk. Határozza meg a nyomatékot, mint az idő függvényét különböző α értékeknél.
- Határozza meg a nyomaték időbeli középértékét $\alpha=45^\circ$ -nál.
- Ha a rotort elengedjük, forogni fog vagy beáll valamilyen helyzetbe?

2. Kétekerceses átalakító paramétereit: $R_s=100 \Omega$, $R_r=1 \Omega$, $l_r= 0,02+0,01 \cos 2\alpha$ [H], $l_s=0,12$ H, $l_{rs}=L_{rs} \cos \alpha= 0,06 \cos \alpha$ [H]. Az állórészt 1 A, a forgórészt 10 A egyenárammal tápláljuk és a forgórészt 100/s szögsebességgel forgatjuk. Határozza meg:

- az u_s , u_r feszültségek, p_s , p_r pillanatnyi teljesítmények és az m nyomaték időfüggvényét. Ábrázolja a kapott eredményeket.
- a fenti mennyiségek értékeit $\alpha= 30^\circ$, 45° és 90° -nál, ha $\alpha(t=0)=0$.

1. Kétekerceses, kiálló pólusú átalakító adatai: $l_s=1,5$ H, $l_r= L_{r0}+L_{r2}\cos 2\alpha = 0,03+0,005 \cos 2\alpha$ [H], $l_{rs}=0,2 \cos \alpha$ [H]. Mindkét tekercset egyenárammal tápláljuk: $i_s=7$ A, $i_r=40$ A

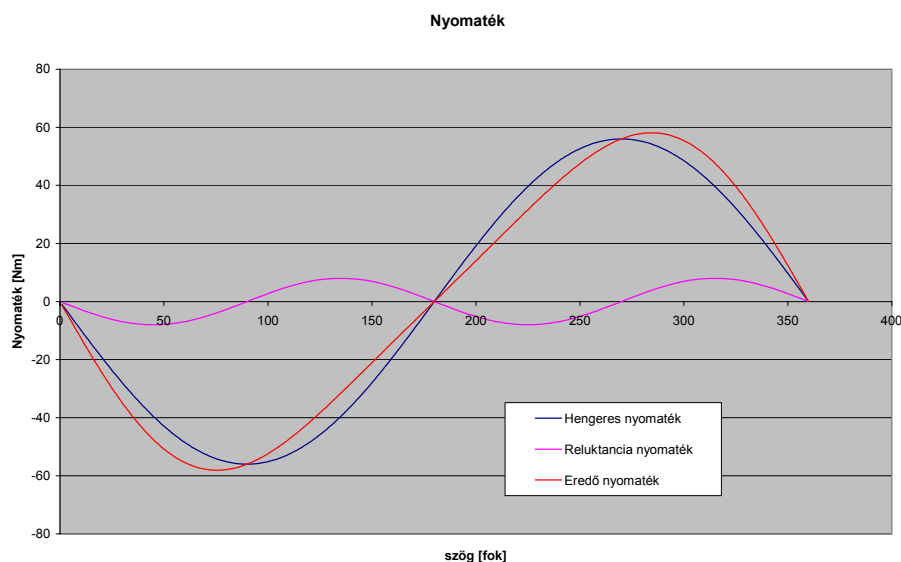
- Határozza meg a rotorra ható nyomatékot, mint az α szög függvényét. Ábrázolja az eredményt.
- Mutassa meg, hogy hányad rész a reluktancia nyomaték maximális nyomaték esetén.

Megoldás:

a) A nyomaték :

$$m = i_r i_s \frac{dl_{rs}}{d\alpha} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dl_r}{d\alpha} = -40 \cdot 7 \cdot 0,2 \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot 40^2 \cdot 2 \cdot 0,005 \cdot \sin 2\alpha = \underline{\underline{-56 \cdot \sin \alpha - 8 \cdot \sin 2\alpha [Nm]}}$$

Ábrázolva:



b) A maximális nyomaték $\alpha=\alpha_{\max}$ -nál lép fel:

$$\left[\frac{dm}{d\alpha} \right]_{\alpha=\alpha_m} = 0$$

$$\frac{dm}{d\alpha} = -56 \cdot \cos \alpha - 16 \cdot \cos 2\alpha = \dots = 4 \cdot \cos^2 \alpha_m + 7 \cdot \cos \alpha_m - 2 = 0$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{4} \quad \alpha = 75,52^\circ$$

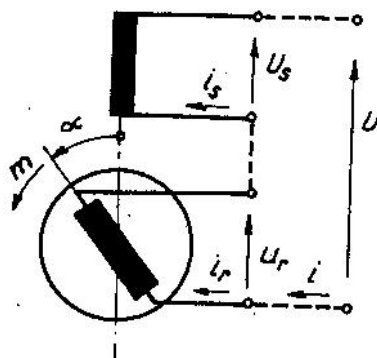
A maximális nyomaték:

$$m_{\max} = m(\alpha = \alpha_{\max}) = -56 \cdot \sin 75,52^\circ - 8 \cdot \sin(2 \cdot 75,52^\circ) = -54,221 - 3,87 = 58,0946 Nm$$

A reluktancia nyomaték aránya:

$$m_{rel}[v.e.] = \frac{m_{rel}}{m_{\max}} = \frac{3,87}{58,0946} = \underline{\underline{\frac{1}{15}}}$$

2. Kétekerceses átalakító paraméterei: $l_s = 87 \text{ mH}$, $l_r = 33 \text{ mH}$, $l_{rs} = L_{rs} = L_{rs} \cos \alpha = 50 \cos \alpha \text{ [mH]}$. Az ellenállásokat hanyagoljuk el. Határozza meg a nyugalomban levő forgórészre ható nyomaték nagyságát $\alpha = 90^\circ$ -nál, ha a két tekercset az alábbi ábrán vázolt módon sorbakapcsoljuk és $U = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ -es hálózatról tápláljuk.



Megoldás:

$$m(\alpha = 90^\circ) = -1,86 \cdot (1 - \cos 628t) \text{ [Nm]}$$

Gondolkodtató feladatok

1. Kétekerceses átalakító paraméterei: $l_s = 2,2 \text{ H}$, $l_r = 1 \text{ H}$, $l_{rs} = L_{rs} = \sqrt{2} \cos \alpha \text{ [H]}$, $R_s = R_r = 0$. A forgórészen levő tekercs rövidre van zárva és az állórész tekercset $i_s = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot \sin \omega t \text{ [A]}$ árammal tápláljuk.

- A forgórészt álló helyzetben tartjuk. Határozza meg a nyomatékot, mint az idő függvényét különböző α értékeknél.
- Határozza meg a nyomaték időbeli középértékét $\alpha = 45^\circ$ -nál.
- Ha a rotort elengedjük, forogni fog vagy beáll valamilyen helyzetbe?

Megoldás:

$$a) m = \frac{L_{rs}^2 \cdot \sin 2\alpha}{4 \cdot L_r} \cdot I_{sm}^2 (1 - \cos 2\omega t)$$

$$b) m_k(\alpha = 45^\circ) = 100 \text{ Nm}$$

2. Kétekerceses átalakító paraméterei: $R_s = 100 \Omega$, $R_r = 1 \Omega$, $l_r = 0,02 + 0,01 \cos 2\alpha \text{ [H]}$, $l_s = 0,12 \text{ H}$, $l_{rs} = L_{rs} \cos \alpha = 0,06 \cos \alpha \text{ [H]}$. Az állórészt 1 A , a forgórészt 10 A egyenárammal tápláljuk és a forgórészt $100/\text{s}$ szögsebességgel forgatjuk. Határozza meg:

- az u_s , u_r feszültségek, p_s , p_r pillanatnyi teljesítmények és az m nyomaték időfüggvényét. Ábrázolja a kapott eredményeket.
- a fenti mennyiségek értékeit $\alpha = 30^\circ$, 45° és 90° -nál, ha $\alpha(t=0) = 0$.

1. Az $S_n = 65$ kVA látszólagos teljesítményű, $U_n = 400/231$ V névleges feszültségű, $\cos\varphi = 0,7$ teljesítménytényezővel dolgozó hatpólusú szinkrongenerátor szórasi reaktanciája $X_s = 0,384 \Omega$; főmezőreaktanciája $X_a = 3,77 \Omega$. Határozzuk meg a β terhelési szöget, a gép n_o fordulatszámát, az U_p pólusfeszültség nagyságát, valamint a reaktanciák relatív értékét névleges terheléskor, ha a hengeres forgórész-kialakítású generátor túlgerjesztett!

A hálózat frekvenciája $f = 50$ Hz. Rajzolja fel a léptékhelyes vektorábrát!

2. Kiálló pólusú szinkron gép forgórészét külső hajtómotorral a szinkron fordulatszámtól igen kis mértékben eltérő fordulatszámmal forgatjuk. A gép csillag kapcsolású armatúrája 380V-os háromfázisú hálózatra van kapcsolva, gerjesztő árama zérus. A forgás során az armatúra áramának effektív értéke 25 és 36,25 A között periódikusan ingadozik.

Mekkora a gép hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája és a reaktanciák viszonya?

3. 12 kVA névleges teljesítményű, 400 V névleges feszültségű, négy pólusú, csillag kapcsolású szinkron generátor hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája 91,2 ill. 52,7 %. A veszteségeket elhanyagolva állapítsuk meg, hogy a névleges kapocsfeszültség és annak 0,55-szörösével egyenlő pólusfeszültség esetén

- Mekkora a gép nyomatéka $\delta = 15^\circ$ -os terhelési szög esetén? A teljes nyomaték hány százalékát alkotja a reluktancianyomaték?
- Mekkora a gép maximális nyomatéka és az milyen nagyságú terhelési szögnél jön létre?
- Hengeres forgórészű gépet feltételezve mekkora lesz a nyomaték?
- Mi történik, ha megszűnik a gerjesztés a két típusú forgórész esetén?
- A két forgórész típusú gépnek mekkora a szinkronozó nyomatéka?
- Állandó nyomatékot feltételezve mennyire kell megnövelni a pólusfeszültséget hengeres forgórészű szinkrongép esetén?

4. Szinkron generátort üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztettük fel, majd szimmetrikus háromfázisú zárlatot hoztunk létre. Az állandósult zárlati áram (változatlan nagyságú gerjesztő árammal) a névleges áram 76%-a.

Mekkora a gép szinkron reaktanciájának viszonylagos értéke névleges feszültség pontjában?

Gondolkodtató feladat

1. 40 kVA teljesítményű, 400V feszültségű, csillag kapcsolású, hengeres forgórészű szinkron generátor szinkron reaktanciája $3,35 \Omega$. A sztátortekercs ellenállását elhanyagoljuk. A generátort névleges fordulaton üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztjük fel. (Feltételezzük, hogy a gép mágnesesen lineáris és a fordulatszáma a terheléstől függetlenül állandó.)

a) mekkora lesz a generátor árama és kapocsfeszültsége, ha változatlan gerjesztés mellett a kapocsra három, csillagba kapcsolt, egyenként $Z_t = 5,2 + j3,8 \Omega$ értékű impedanciát kötünk?

b) Hány százalékkal kell növelni a gerjesztő áramot, hogy a kapocsfeszültség a terhelés ellenére névleges értékű maradjon?

c) Mekkora a kapocsfeszültség a b) alatti gerjesztőáram esetén, üresjárásban?

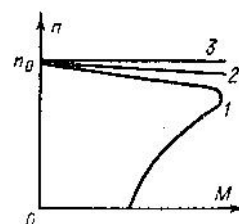
2. Mekkora állandósult zárlati áram alakul ki a 2. gondolkodtató feladatban megadott szinkron generátorban, ha a szimmetrikus háromfázisú kapocszárlat

a) üresjárásban,

b) terhelés alatt, névleges kapocsfeszültségnél jön létre?

A névleges áram hány százaléka a zárlati áram a két esetben?

3. Melyik a szinkron gép karakterisztikája?



Villamos Gépek Gyakorlat, 7. Megoldás

1. Az $S_n = 65$ kVA látszólagos teljesítményű, $U_n = 400/231$ V névleges feszültségű, $\cos\varphi = 0,7$ teljesítménytényezővel dolgozó hatpólusú szinkrongenerátor szórási reaktanciája $X_s = 0,384 \Omega$; főmezőreaktanciája $X_a = 3,77 \Omega$. Határozzuk meg a β terhelési szöget, a gép n_o fordulatszámát, az U_p pólusfeszültség nagyságát, valamint a reaktanciák relatív értékét névleges terheléskor, ha a hengeres forgórész-kialakítású generátor túlgerjesztett!
A hálózat frekvenciája $f = 50$ Hz. Rajzolja fel a léptékhelyes vektorábrát!

Megoldás:

A gép szinkron fordulatszáma:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \frac{1}{\text{min}}$$

A névleges armatúraáram:

$$I_{an} = \frac{S_n}{3 \cdot U_{nf}} = \frac{65000}{3 \cdot 231} = 93,8 A$$

Az armatúraáram hatásos összetevője:

$$I_{aw} = I_{an} \cdot \cos\varphi = 93,8 \cdot 0,7 = 65,7 A$$

A meddő összetevő:

$$I_{am} = j I_{an} \cdot \sin\varphi = j 93,8 \cdot 0,7141 = j 67 A$$

Az armatúraáram-vektor:

$$\overline{I_a} = -65,7 + j 67 A$$

A gép szinkron reaktanciája:

$$X_d = X_a + X_s = 3,77 + 0,384 = 4,154 \Omega$$

A feszültségesés a szinkron reaktancián:

$$\overline{U_x} = j \cdot \overline{I_a} \cdot X_d = j(-65,7 + j 67) \cdot 4,154 = -275 - j 273 V$$

A pólusfeszültség vektora:

$$\overline{U_p} = \overline{U_f} - j \overline{I_a} \cdot X_d = \overline{U_f} - \overline{U_x} = 231 - (-275 - j 273) = 506 + j 273 V$$

A pólusfeszültség effektív értéke:

$$U_p = \sqrt{506^2 + 273^2} = 578 V$$

A terhelési szög szinusza:

$$\sin \beta = \frac{\text{Im}(\overline{U_p})}{U_p} = \frac{273}{578} = 0,4723$$

A szög:

$$\beta = \underline{\underline{28,2^\circ}}$$

A gép névleges impedanciája:

$$Z_n = \frac{U_{nf}}{I_{an}} = \frac{231}{93,8} = 2,462 \Omega$$

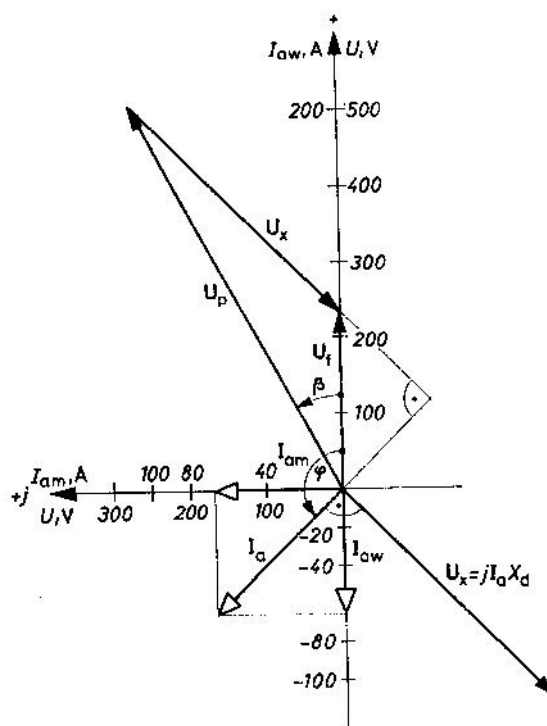
A relatív impedanciák:

$$x_s = \frac{X_s}{Z_n} 100 = \frac{0,384}{2,462} 100 = \underline{\underline{15,6\%}}$$

$$x_a = \frac{X_a}{Z_n} 100 = \frac{3,77}{2,462} 100 = \underline{\underline{153,1\%}}$$

$$x_d = \frac{X_d}{Z_n} 100 = \frac{4,154}{2,462} 100 = \underline{\underline{168,7\%}}$$

A léptékhelyes vektorábra:



2. Kiálló pólusú szinkron gép forgórészét külső hajtómotorral a szinkron fordulatszámtól igen kis mértékben eltérő fordulatszámmal forgatjuk. A gép csillag kapcsolású armatúrája 380V-os háromfázisú hálózatra van kapcsolva, gerjesztő árama zérus. A forgás során az armatúra áramának effektív értéke 25 és 36,25 A között periódikusan ingadozik. Mekkora a gép hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája és a reaktanciák viszonya?

Megoldás:

Amikor a szinkron fordulatszámtól való eltérés következtében az armatúra eredő fluxusa pólusirányú, akkor a kölcsönös induktivitás maximuma következtében az áram minimális. Tekintettel arra, hogy a gép gerjesztetlen, a kapocsfeszültség és az áram hányadosa közvetlenül a hosszirányú szinkron reaktanciát adja:

$$X_d = \frac{U}{I_{\min}} = \frac{220}{25} = \underline{\underline{8,8\Omega}}$$

Hasonló megfontolással a maximális áram esetén a keresztirányú szinkron reaktancia számolható:

$$X_d = \frac{U}{I_{\max}} = \frac{220}{36,25} = \underline{\underline{6,07\Omega}}$$

A két reaktancia viszonya:

$$\frac{X_d}{X_q} = \frac{8,8}{6,07} = \underline{\underline{1,45}}$$

3. 12 kVA névleges teljesítményű, 400 V névleges feszültségű, négy pólusú, csillag kapcsolású szinkron generátor hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája 91,2 ill. 52,7 %. A veszteségeket elhanyagolva állapítsuk meg, hogy a névleges kapocsfeszültség és annak 0,55-szörösével egyenlő pólusfeszültség esetén

- Mekkora a gép nyomatéka $\delta=15^\circ$ -os terhelési szög esetén? A teljes nyomaték hány százalékát alkotja a reluktancianyomaték?
- Mekkora a gép maximális nyomatéka és az milyen nagyságú terhelési szögnél jön létre?
- Hengeres forgórészű gépet feltételezve mekkora lesz a nyomaték?
- Mi történik, ha megszűnik a gerjesztés a két típusú forgórész esetén?
- A két forgórész típusú gépnek mekkora a szinkronozó nyomatéka?
- Állandó nyomatékot feltételezve mennyire kell megnövelni a pólusfeszültséget hengeres forgórészű szinkrongép esetén?

Megoldás:

A kiálló pólusú gép nyomatéka:

$$M = 3 \frac{p}{\omega_1} \left[\frac{U_p U}{X_d} \sin \delta + \frac{X_d - X_q}{2 X_d X_q} U^2 \sin 2\delta \right]$$

Számoljuk ki a reaktancia értékeket!

A gép névleges fázisárama:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 17,3 A$$

Így a névleges impedancia

$$Z_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 17,3} = 13,35 \Omega$$

Ebből a reaktanciák értékei:

$$X_d = 12,17 \Omega \quad X_q = 7,04 \Omega$$

a)

A 15°-os terhelési szögnél a gép nyomatéka:

$$\begin{aligned} M_r(\delta = 15^\circ) &= 3 \frac{p}{\omega_1} \left[\frac{U_p U}{X_d} \sin \delta + \frac{X_d - X_q}{2 X_d X_q} U^2 \sin 2\delta \right] = \\ &= 3 \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot 50} \cdot \frac{400^2}{3} \left[\frac{0,55}{12,17} \sin 15^\circ + \frac{12,17 - 7,04}{2 \cdot 12,17 \cdot 7,04} \sin 30^\circ \right] = \\ &= 1018,6 \cdot [11,7 + 14,97] \cdot 10^{-3} = 11,91 + 15,28 = \underline{\underline{27,16 Nm}} \end{aligned}$$

$$\frac{M_r(\delta = 15^\circ)}{M(\delta = 15^\circ)} = \frac{15,25}{27,16} = \underline{\underline{0,56}}$$

A 15,25 Nm reluktancianyomaték a teljes nyomaték 56%-a

b)

A maximális érték meghatározásához a nyomaték függvény szélső értékét kell kiszámolni:

Legyen a nyomaték függvény:

$$M = A \cdot \sin \delta + B \cdot \sin 2\delta$$

a maximális értéke estén:

$$\frac{\partial M}{\partial \delta} = A \cdot \cos \delta + 2 \cdot B \cdot \cos 2\delta = 0$$

A levezetés során a $\cos \delta$ -ra másodfokú egyenletet kapunk, amelynek gyökei:

$$\cos \delta_{1,2} = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 + 32B^2}}{8B}$$

Esetünkben

$$A=46,03 \quad B=30,495 \quad \text{így}$$

$$\cos \delta_1 = 0,543 \quad \delta = \underline{\underline{57,1^\circ}}$$

A maximális nyomaték:

$$M_{\max} = 1018,6 \cdot [37,94 + 27,3] \cdot 10^{-3} = 38,645 + 27,81 = \underline{\underline{66,45 Nm}}$$

c) Ha hengeres a gépünk, akkor a nyomaték:

$$M = 3 \frac{p}{\omega_1} \frac{U_p U}{X_d} \sin \delta = \underline{\underline{11,91 Nm}}$$

e) A szinkronozó nyomaték $\delta=15^\circ$ -os terhelési szög esetén:

$$\frac{\partial M}{\partial \delta}_{\text{kiálló}} = 46,03 \cdot \cos 15 + 2 \cdot 30,495 \cdot \cos 30 = 44,46 + 52,82 = \underline{\underline{97,28 Nm}}$$

$$\frac{\partial M}{\partial \delta}_{\text{hengeres}} = 46,03 \cdot \cos 15 = \underline{\underline{44,46 Nm}}$$

f) Ha állandó nyomatékot akarunk tartani változatlan terhelési szög mellett, akkor a pólusfeszültség nagysága:

$$U_p = \frac{M \omega_1 X_d}{3 p U \sin \delta} = \frac{27,16 \cdot 100\pi \cdot 12,17}{3 \cdot 2 \cdot 231 \cdot \sin 15} = \underline{\underline{289,47 V}}$$

A pólusfeszültség és kapcsolófeszültség arányát a 0,55-ös értékről

$$\frac{U_p}{U} = \frac{289,47}{231} = 1,25\text{-ös arányra, vagyis a } 227\%\text{-ra meg kell növelni!}$$

Gondolkodtató feladat

1. Szinkron generátort üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztettük fel, majd szimmetrikus háromfázisú zárlatot hoztunk létre. Az állandósult zárlati áram (változatlan nagyságú gerjesztő árammal) a névleges áram 76%-a.

Mekkora a gép szinkron reaktanciájának viszonylagos értéke névleges feszültség pontjában?

Megoldás: 131,58%

2. 40 kVA teljesítményű, 400V feszültségű, csillag kapcsolású, hengeres forgórészű szinkron generátor szinkron reaktanciája $3,35 \Omega$. A sztátortekercs ellenállását elhanyagoljuk. A generátort névleges fordulaton üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztjük fel.

(Feltételezzük, hogy a gép mágnesesen lineáris és a fordulatszáma a terheléstől függetlenül állandó.)

a) mekkora lesz a generátor árama és kapocsfeszültsége, ha változatlan gerjesztés mellett a kapcsokra három, csillagba kapcsolt, egyenként $Z_t = 5,2 + j3,8 \Omega$ értékű impedanciát kötünk?

b) Hány százalékkal kell növelni a gerjesztő áramot, hogy a kapocsfeszültség a terhelés ellenére névleges értékű maradjon?

c) Mekkora a kapocsfeszültség a b) alatti gerjesztőáram esetén, üresjárásban?

Megoldás:

a) $I = 26,1 \text{ A}$; $U = 209,56 \text{ V}$

b) 10,2%

c) $U = 254 \text{ V}$

3. Mekkora állandósult zárlati áram alakul ki a 2. gondolkodtató feladatban megadott szinkron generátorban, ha a szimmetrikus háromfázisú kapocszárlat

a) üresjárásban,

b) terhelés alatt, névleges kapocsfeszültségnél jön létre?

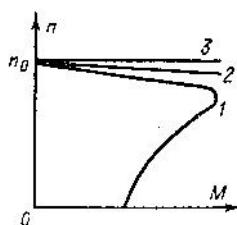
A névleges áram hány százaléka a zárlati áram a két esetben?

Megoldás:

a) $I = 68,95 \text{ A}$ 119,4%

b) $I = 75,82 \text{ A}$ 131,3%

4. Melyik a szinkron gép karakterisztikája?



1. Háromfázisú, háromszög kapcsolású, négypólusú aszinkron motor névleges üzemi adatai:

$$P_n=30\text{kW}; \quad U_n=380\text{V}; \quad n=1470/\text{perc}; \quad \eta_n=89\%; \quad \cos\varphi_n=0,88.$$

P_n a motor leadott teljesítménye.

A motor üzemmeleg állapotában üresjárási és rövidzárási mérést végzünk és lemérjük az állórész két kapcsa között a primer tekercs ellenállását. A mérés eredményei:

Üresjárás (a névleges feszültséggel táplálva):

$$I_0=19,9\text{A}; \quad P_0=1897\text{W}.$$

Rövidzárási (a gép áramfelvétele névleges értékű):

$$U_z=81\text{V}; \quad P_z=2371\text{W}.$$

A primer kapcsok között a mért ellenállás:

$$R_k=0,267\Omega.$$

A motor súrlódási veszteségét a névleges teljesítmény 0,5%-ára becsüljük.

a) Határozzuk megközelítő eljárással a primerre redukált helyettesítő kapcsolás egyes elmeinek tényleges és viszonylagos értékeit!

b) Számítsuk ki a névleges üzemi pontban az egyes veszteségek, a légrésteljesítmény és a nyomaték értékét!

2. Négypólusú, háromfázisú aszinkron motor az $s=2,5\%$ -os szlipű üzemi pontban a hálózathoz 60 kW teljesítményt vesz fel. Az állórész vas- és tekercsveszteségre együtt 2,1 kW. Meghatározandó ezen üzemállapotban

a) a mechanikai teljesítmény,

b) a nyomaték,

c) a hatásfok értéke.

Gondolkodtató feladat

1. Háromfázisú aszinkron motor paramétereinek viszonylagos értékei:

$$r_1=3\%; \quad r_2'=2,86\%; \quad x_{s1}=x_{s2}'=9\%.$$

Az áthidaló ág elemeit elhanyagoljuk. A motor névleges üzemi szlipje 3%. Határozza meg

a) az indítási és a névleges áram hányadosát

b) az indító nyomaték, valamint a billenő nyomaték és a névleges nyomaték hányadosát,

c) a névleges üzemi teljesítménytényezőt és hatásfokot.

A névleges áram és különösen a teljesítménytényező valamint a hatásfok értékében az áthidaló ág elhanyagolása jelentős eltérést eredményezhet!

2. Háromfázisú, háromszög kapcsolású, négypólusú aszinkron motor feszültségátvittele:

$$a = \frac{N_1 \xi_1}{N_2 \xi_2} = \frac{1}{0,67}.$$

A tekercsek ellenállása és szórási reaktanciája:

$$R_1=0,24\Omega; \quad R_2=0,1\Omega; \quad X_{s1}=1,1\Omega; \quad X_{s2}=0,45\Omega.$$

A gépet 380V-os feszültségről táplálva, a vas- és tekercsveszteségek elhanyagolásával kiszámítandó:

a) 3%-os szlipnél a teljesítménytényező és a hatásfok értéke,

b) a billenő nyomaték és a billenő szlip értéke,

c) az indítónyomaték nagysága.

1. Változó frekvenciájú táplálásra tervezett háromfázisú, kétpólusú aszinkron motor adatai 50 Hz-es tápfrekvencián:

$$R_1=0,116\Omega; \quad R_2'=0,171\Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=0,391\Omega.$$

A primer névleges fázisfeszültség 86 V, a fázisáram 28A.

A mágnesező áram és a vasveszteség elhanyagolásával számítsuk ki a motor szlipjét és nyomatékát a megadott névleges áramfelvétel mellett 50; 50/3 és 3*50Hz-es tápfrekvenciánál. A motort tápláló periódusváltó feszültsége 50Hz-nél a megadott névleges érték, a frekvenciával arányos változáshoz képest azonban harmad frekvencián 5%-os, háromszoros frekvencián pedig 2%-os feszültségesés lép fel.

2. Csúszógyűrűs, háromfázisú aszinkron motor névleges üzemi szlipje 3%, feszültségáttétele $U_1/U_2=2$. A helyettesítő kapcsolás soros ágának elemei:

$$R_1=0,7\Omega; \quad R_2'=0,6\Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=4\Omega.$$

Az áthidaló ágat a számításnál elhanyagoljuk.

A motort a forgórész egyes fázisainak áramkörébe beiktatott, egyenlő nagyságú ellenállásokkal indítjuk.

a) Mekkora ellenállást kell fázisonként beiktatni, hogy az indítási áramlökést $2I_n$ -re korlátozzuk?

b) Hogyan változik meg ezzel az indító nyomaték közvetlen rövidrezárt rotorkörű indításhoz képest?

Gondolkodtató feladat

1. Kalickás aszinkron motor billenő szlipje 0,283, billenő nyomatéka a névleges nyomaték 2,5-szerese. Számítsuk ki az indítási és a névleges áram viszonyát, ha a gépet

a) közvetlenül a névleges feszültségű hálózatra kapcsolva,

b) csillag-háromszög átkapcsolással,

c) indító transzformátor közbeiktatásával, a névleges feszültség 80%-val indítjuk!

Az állórész ohmos ellenállását és a mágnesező áramot elhanyagoljuk.

2. Háromfázisú, csillagkapcsolású, kalickás aszinkron motor helyettesítő elemei (az áthidaló ág elhanyagolásával):

$$R_1=R_2'=0,5\Omega; \quad X_{s1}=X_{s2}'=1,5\Omega,$$

A névleges üzemi szlip 2,5%. A 380 V-os feszültségű hálózaton csak a motor névleges áramának a másfélszerese megengedett, ezért az indítási áramot korlátozni kell. Két indítási módot vizsgálunk meg: az egyik esetben indító transzformátort, a másik esetben az állórész tekercseivel sorba kötött előtétellenállást alkalmazunk.

a) Milyen áttételű transzformátort ill. mekkora fázisonkénti előtétellenállást kell beiktatnunk, hogy a hálózati áram indításkor a névleges áram másfélszerese legyen?

b) Milyen arányban csökken a két esetben az indítónyomaték a közvetlen hálózatra kapcsolással való indításhoz képest?

c) Milyen szlipnél kapcsolhatunk át a hálózatra, hogy a névleges áram másfélszeresét ekkor se lépjük túl? (A tranziensektől itt is eltekintünk)

d) Milyen arányban kisebb a nyomaték a két esetben az átkapcsolást megelőzően a névleges feszültségű tápláláshoz képest? (A transzformátort ideálisnak tekintjük)

Villamos Gépek Gyakorlat, Aszinkrongép, Megoldás

1. Háromfázisú, háromszög kapcsolású, négypólusú aszinkron motor névleges üzemi adatai:

$$P_n=30\text{kW}; \quad U_n=380\text{V}; \quad n=1470/\text{perc}; \quad \eta_n=89\%; \quad \cos\varphi_n=0,88.$$

P_n a motor leadott teljesítménye.

A motor üzemmeleg állapotában üresjárási és rövidzárási mérést végezzünk és lemérjük az állórész két kapcsa között a primer tekercs ellenállását. A mérés eredményei:

Üresjárási (a névleges feszültséggel táplálva):

$$I_0=19,9\text{A}; \quad P_0=1897\text{W}.$$

Rövidzárási (a gép áramfelvétele névleges értékű):

$$U_z=81\text{V}; \quad P_z=2371\text{W}.$$

A primer kapcsok között a mért ellenállás:

$$R_k=0,267\Omega.$$

A motor súrlódási veszteségét a névleges teljesítmény 0,5%-ára becsüljük.

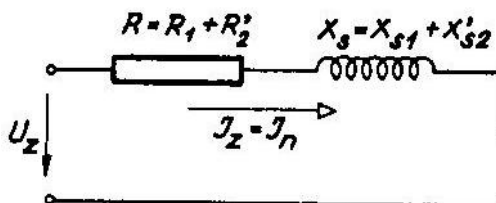
a) Határozzuk megközelítő eljárással a primerre redukált helyettesítő kapcsolás egyes elmeinek tényleges és viszonylagos értékeit!

b) Számítsuk ki a névleges üzemi pontban az egyes veszteségek, a légrésteljesítmény és a nyomaték értékét!

Megoldás:

a)

Rövidzárási a helyettesítő kapcsolás áthidaló ága elhanyagolható, így a soros ág elemei számolhatók:



A hálózathoz felvett teljesítmény:

$$P_{1n} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{30000}{0,89} = 33708 \text{ W}$$

A névleges áram:

$$I_{1n} = \frac{P_{1n}}{\sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot \cos\varphi_n} = \frac{33708}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 58,2 \text{ A}$$

A fázisáram:

$$I_{1nf} = \frac{I_{1n}}{\sqrt{3}} = \frac{58,2}{\sqrt{3}} = 33,6 \text{ A}$$

Ebből a rövidzárási impedancia:

$$Z_z = \frac{U_z}{I_z} = \frac{81}{33,6} = 2,4\Omega$$

A rövidzárási fázisszög:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{3 \cdot U_z \cdot I_z} = \frac{2371}{3 \cdot 81 \cdot 33,6} = 0,29 \quad \sin \varphi_z = 0,956$$

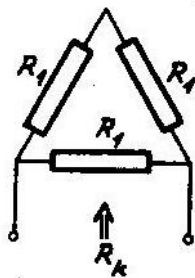
Az ohmos tag:

$$R = Z_z \cdot \cos \varphi_z = 2,4 \cdot 0,29 = 0,696\Omega$$

Az induktív tag:

$$X_s = Z_z \cdot \sin \varphi_z = 2,4 \cdot 0,956 = 2,3\Omega$$

A primer tekercs fázisellenállása a kapcsok között mérhető ellenállásból az alábbi ábra alapján:



$$R_1 = \frac{3}{2} R_k = 1,5 \cdot 0,267 = \underline{\underline{0,4\Omega}}$$

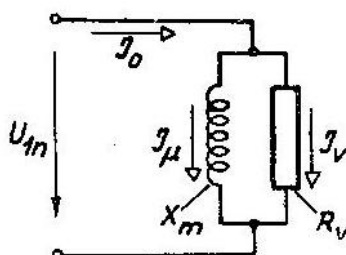
Ezzel a redukált szekunder ellenállás:

$$R_2' = R - R_1 = 0,696 - 0,4 = \underline{\underline{0,296\Omega}}$$

A reaktanciát a gyakorlatban fele-fele arányban bontjuk szét:

$$X_{s1} = X_{s2}' = 0,5 \cdot X_s = \underline{\underline{1,15\Omega}}$$

Az áthidaló ág elemeinek meghatározása nagyobb gépeknél jó közelítéssel az üresjárási mérésből, a soros ág elhanyagolásával lehetséges:



A teljesítmények pontosabb számolása érdekében a primer tekercsveszteséget célszerű figyelembe venni. Ennek értéke:

$$P_{1to} = 3 \cdot I_{0f}^2 \cdot R_1 = I_0^2 \cdot R_1 = 19,9^2 \cdot 0,4 = 158,4W$$

A súrlódási veszteség:

$$P_S = 0,005 \cdot P_n = 0,005 \cdot 30000 = 150W$$

A fentieket figyelembe véve a vasveszteség:

$$P_v = P_0 - (P_{1to} + P_S) = 1897 - 308 = 1589W$$

A vasveszteséget helyettesítő ellenállás nagysága az egy fázisra jutó vasveszteségből:

$$R_v = \frac{3 \cdot U_{in}^2}{P_v} = \frac{3 \cdot 380^2}{1589} = \underline{\underline{272,6\Omega}}$$

A főmező reaktancia számítható a meddő teljesítményből:

$$S_0 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 19,9 = 13098VA$$

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{13098^2 - 1897^2} = 12959,6Var$$

$$X_m = \frac{3 \cdot U_{in}^2}{Q_0} = \frac{3 \cdot 380^2}{12959,6} = \underline{\underline{33,42\Omega}}$$

A helyettesítő kapcsolás paramétereinek viszonylagos értékei:

$$Z_n = \frac{U_{1n}}{I_{1n}} = \frac{380}{33,6} = 11,31\Omega$$

$$r_1 = \underline{\underline{3,53\%}}; \quad r_2' = \underline{\underline{2,62\%}}; \quad x_{s1} = x_{s2}' = \underline{\underline{10,16\%}}; \quad r_v = \underline{\underline{2410,3\%}}; \quad x_m = \underline{\underline{295,5\%}}$$

b)

Az egyes veszteségek:

A primer tekercsveszteség:

$$P_{1t} = I_{1n}^2 \cdot R_1 = 58,2^2 \cdot 0,4 = \underline{\underline{1355W}}$$

A vasveszteség az a) pontból:

$$P_v = \underline{\underline{1589W}}$$

A légrésen át a forgórészbe jutó teljesítmény:

$$P_l = P_{1n} - (P_{1t} + P_v) = 33708 - (1355 + 1589) = \underline{\underline{30764W}}$$

A szlip:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02$$

ezzel a szekunder tekercsveszteség és a mechanikai teljesítmény:

$$P_{t2} = s \cdot P_l = 0,02 \cdot 30764 = \underline{\underline{615 W}}$$

$$P_m = (1 - s) \cdot P_l = 0,98 \cdot 30764 = \underline{\underline{30149 W}}$$

Ezekből a tengelyteljesítmény:

$$P_{tengely} = P_m - P_s = 30,149 - 0,15 = \underline{\underline{30 kW}}$$

A nyomaték akár a mechanikai teljesítményből – a tényleges fordulatszámmal –, akár a légrésteljesítményből – a szinkron fordulatszámból – számítható.

$$M = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_l}{\omega_0} = \frac{30764}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1500}{60}} = \underline{\underline{195,85 Nm}}$$

2. Négypólusú, háromfázisú aszinkron motor az $s=2,5\%$ -os szlipű üzemi pontban a hálózatról 60 kW teljesítményt vesz fel. Az állórész vas- és tekercsveszteségre együtt 2,1 kW. Meghatározandó ezen üzemállapotban

- a) a mechanikai teljesítmény,
- b) a nyomaték,
- c) a hatásfok értéke.

Megoldás:

a) A mechanikai teljesítmény:

$$P_m = (P_{1n} - P_v - P_{1t}) \cdot (1 - s) = (60000 - 2100) \cdot (1 - 0,025) = \underline{\underline{56,45 kW}}$$

b) A nyomaték

$$M = \frac{P_{1n} - P_v - P_{1t}}{\omega_0} = \frac{57900}{2 \cdot \pi \cdot 25} = \underline{\underline{369 Nm}}$$

c) A hatásfok (közelítőleg)

$$\eta = \frac{P_m}{P_{1n}} = \frac{56,45 k}{60 k} = \underline{\underline{94\%}}$$

Gondolkodtató feladat

1. Háromfázisú aszinkron motor paramétereinek viszonylagos értékei:

$$r_1=3\%; \quad r_2'=2,86\%; \quad x_{s1}=x_{s2}'=9\%.$$

Az áthidaló ág elemeit elhanyagoljuk. A motor névleges üzemi szlipje 3%. Határozza meg

- az indítási és a névleges áram hányadosát
- az indító nyomaték, valamint a billenő nyomaték és a névleges nyomaték hányadosát,
- a névleges üzemi teljesítménytényezőt és hatásfokot.

A névleges áram és különösen a teljesítménytényező valamint a hatásfok értékében az áthidaló ág elhanyagolása jelentős eltérést eredményezhet!

Megoldás:

$$a) \frac{I_i}{I_n} = \underline{\underline{5,28}}$$

$$b) \frac{M_i}{M_n} = \underline{\underline{0,837}}$$

$$c) \frac{M_b}{M_n} = \underline{\underline{2,47}}$$

2. Háromfázisú, háromszög kapcsolású, négypólusú aszinkron motor feszültségátvittele:

$$a = \frac{N_1 \xi_1}{N_2 \xi_2} = \frac{1}{0,67}.$$

A tekercsek ellenállása és szórási reaktanciája:

$$R_1=0,24 \, \Omega; \quad R_2=0,1 \, \Omega; \quad X_{s1}=1,1 \, \Omega; \quad X_{s2}=0,45 \, \Omega.$$

A gépet 380V-os feszültségről táplálva, a vas- és tekercsveszteségek elhanyagolásával kiszámítandó:

- 3%-os szlipnél a teljesítménytényező és a hatásfok értéke,
- a billenő nyomaték és a billenő szlip értéke,
- az indítónyomaték nagysága.

Megoldás:

$$a) \cos \varphi = \underline{\underline{0,965}}; \quad \eta = \underline{\underline{94\%}}$$

$$b) s_b = \underline{\underline{0,106}}; \quad M_b = \underline{\underline{196 \, Nm}}$$

$$c) M_i = \underline{\underline{44 \, Nm}}$$

Villamos Gépek Gyakorlat, Aszinkrongép üzeme, Megoldás

1. Változó frekvenciájú táplálásra tervezett háromfázisú, kétpólusú aszinkron motor adatai 50 Hz-es tápfrekvencián:

$$R_1=0,116\Omega; \quad R_2'=0,171\Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=0,391\Omega.$$

A primer névleges fázisfeszültség 86 V, a fázisáram 28A.

A mágnesező áram és a vasvesztés elhanyagolásával számítsuk ki a motor szlipjét és nyomatékát a megadott névleges áramfelvétel mellett 50; 50/3 és 3*50Hz-es tápfrekvenciánál. A motort tápláló periódusváltó feszültsége 50Hz-nél a megadott névleges érték, a frekvenciával arányos változáshoz képest azonban harmad frekvencián 5%-os, háromszoros frekvencián pedig 2%-os feszültségesés lép fel.

Megoldás:

a) $f=50\text{Hz}$

A szlip a helyettesítő kapcsolás alapján felírt képletből számítható:

$$I_n = \frac{U_f}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_{s1} + X_{s2}')^2}} \quad 28 = \frac{86}{\sqrt{(0,116 + \frac{0,171}{s})^2 + 0,391^2}}$$

ebből $s = \underline{\underline{0,05835}}$.

A nyomaték a légrésteljesítmény felhasználásával számítható:

$$M = \frac{P_l}{\frac{\omega_0}{p}} = \frac{3 \cdot I_n^2 \cdot \frac{R_2'}{s}}{2 \cdot \pi \cdot f / p} = \frac{3 \cdot 28^2 \cdot \frac{0,171}{0,05835}}{100 \cdot \pi} = \underline{\underline{21,93Nm}}$$

b) $f=50/3\text{Hz}$

A feszültség lineárisan változik a frekvenciával és az addicionális feszültségesést figyelembe véve kapjuk:

$$U_{f2} = 0,95 \cdot \frac{86}{3} = 27,2V$$

ezenkívül a reaktancia értéke is megváltozik:

$$X_{sf2} = \frac{X_s}{3} = \frac{0,391}{3} = 0,13\Omega$$

A fenti eljárást alkalmazva meghatározható a szlip és a nyomaték:

$$s = \underline{\underline{0,202}} \quad \text{és} \quad M = \underline{\underline{19Nm}}$$

c) $f=3 \cdot 50\text{Hz}$

A feszültség ezen a frekvencián:

$$U_{f3} = 0,98 \cdot 86 \cdot 3 = \underline{\underline{253V}}$$

A reaktancia értéke:

$$X_{sf3} = X_s \cdot 3 = 0,391 \cdot 3 = \underline{\underline{1,17\Omega}}$$

Újból az a) feladatrészbéli eljárást alkalmazva:

$$s = \underline{\underline{0,0193}} \text{ és } M = \underline{\underline{22,1Nm}}.$$

2. Csúszógyűrűs, háromfázisú aszinkron motor névleges üzemi szlipje 3%, feszültségátvittele $U_1/U_2=2$. A helyettesítő kapcsolás soros ágának elemei:

$$R_1=0,7 \Omega; \quad R_2'=0,6 \Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=4 \Omega.$$

Az áthidaló ágat a számításnál elhanyagoljuk.

A motort a forgórész egyes fázisainak áramkörébe beiktatott, egyenlő nagyságú ellenállásokkal indítjuk.

a) Mekkora ellenállást kell fázisonként beiktatni, hogy az indítási áramlökést $2I_n$ -re korlátozzuk?

b) Hogyan változik meg ezzel az indító nyomaték közvetlen rövidrezárt rotorkörű indításhoz képest?

Megoldás:

a)

A helyettesítő kapcsolásból kiindulva:

$$\frac{U}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_i')^2 + X_s^2}} = \frac{2 \cdot U}{\sqrt{(R_1 + R_2' / s)^2 + X_s^2}}$$

A fenti összefüggésből R_i' -t kifejezve kapjuk: $R_i'=8,453\Omega$, ebből

$$R_i = \frac{R_i'}{a^2} = \frac{8,453}{2^2} = \underline{\underline{2,1132\Omega}}$$

b)

A fenti képleteket használva:

$$\frac{M_{iR}}{M_i} = \frac{P_{iR}}{P_{li}} = \left(\frac{I_{iR}}{I_i} \right)^2 \frac{R_2' + R_i'}{R_2'} = \frac{1}{6,2815} \frac{0,6 + 8,453}{0,6} = \underline{\underline{2,402}}$$

Gondolkodtató feladat

1. Kalickás aszinkron motor billenő szlipje 0,283, billenő nyomatéka a névleges nyomaték 2,5-szerese. Számítsuk ki az indítási és a névleges áram viszonyát, ha a gépet

- a) közvetlenül a névleges feszültségű hálózatra kapcsolva,
 - b) csillag-háromszög átkapcsolással,
 - c) indító transzformátor közbeiktatásával, a névleges feszültség 80%-val indítjuk!
- Az állórész ohmos ellenállását és a mágnesező áramot elhanyagoljuk.

Megoldás:

a) $\frac{I_i}{I_n} = \underline{\underline{4,69}}$

b) $\frac{I_{ic}}{I_n} = \underline{\underline{1,56}}$

c) $\frac{I_i t}{I_n} = \underline{\underline{3,75}}$

2. Háromfázisú, csillagkapcsolású, kalickás aszinkron motor helyettesítő elemei (az áthidaló ág elhanyagolásával):

$$R_1=R_2'=0,5 \Omega; \quad X_{s1}=X_{s2}'=1,5 \Omega,$$

A névleges üzemi szlip 2,5%. A 380 V-os feszültségű hálózaton csak a motor névleges áramának a másfélszerese megengedett, ezért az indítási áramot korlátozni kell. Két indítási módot vizsgálunk meg: az egyik esetben indító transzformátort, a másik esetben az állórész tekercseivel sorba kötött előtétellenállást alkalmazunk.

- a) Milyen áttételű transzformátort ill. mekkora fázisonkénti előtétellenállást kell beiktatnunk, hogy a hálózati áram indításkor a névleges áram másfélszerese legyen?
- b) Milyen arányban csökken a két esetben az indítónyomaték a közvetlen hálózatra kapcsolással való indításhoz képest?
- c) Milyen szlipnél kapcsolhatunk át a hálózatra, hogy a névleges áram másfélszeresét ekkor se lépjük túl? (A tranziensektől itt is eltekintünk)
- d) Milyen arányban kisebb a nyomaték a két esetben az átkapcsolást megelőzően a névleges feszültségű tápláláshoz képest? (A transzformátort ideálisnak tekintjük)

Megoldás:

a) $a = \underline{\underline{2,1}}; \quad R_e = \underline{\underline{12,5\Omega}}$

b) $M_{it} = 0,226 M_i; \quad M_{iR} = 0,0522 M_i$

c) $s = \underline{\underline{0,0385}}$

d) $\frac{M_R}{M} = \underline{\underline{0,28}}; \quad \frac{M_t}{M} = \underline{\underline{0,226}}$